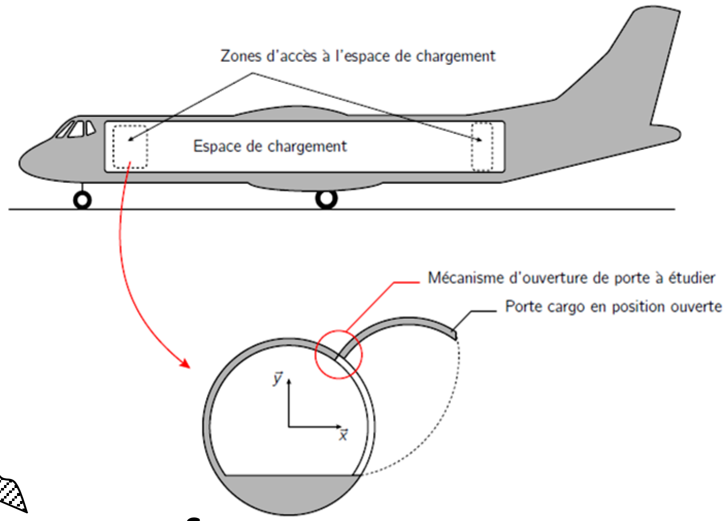
Contrôle continu de cinématique

Le système étudié permet l'ouverture d'une porte latérale sur un avion cargo.
La présente étude porte essentiellement sur l'exigence permettant **d'assurer le mouvement du système d'ouverture.**
Les sous-exigences associées à cette exigence exprimée de manière globale sont :

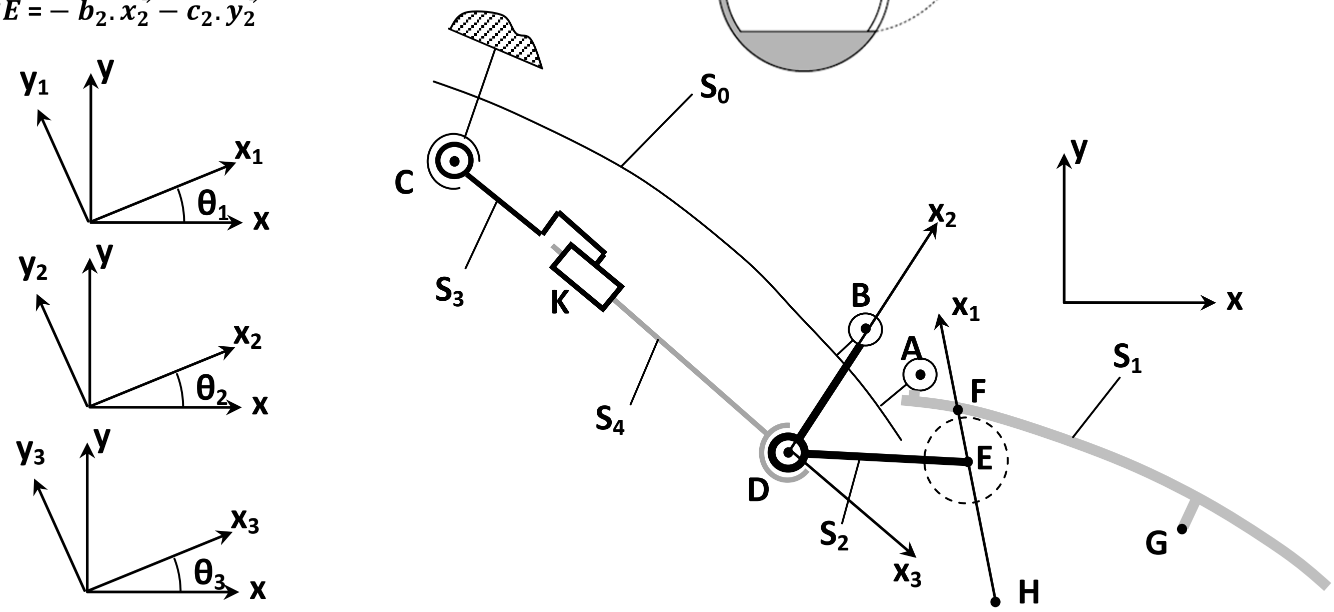
- *la sous-exigence permettant d'assurer que la porte a un* ***débattement angulaire suffisant*** *pour permettre le passage des matériels, marchandises et personnels par la porte ;*
- *la sous-exigence permettant d'assurer que le passage d'une position fermée à ouverte, et inversement, se fait en* ***un temps compatible*** *avec les cadences de chargement et déchargement souhaitées ;*
- *la sous-exigence permettant d'assurer que* ***le système est assez puissant*** *pour manoeuvrer une porte et qu'en cas de surcharge, aucune défaillance du système ne sera observée.*

S_0 = Fuselage de l'avion
S_1 = Porte
S_2 = Basculeur
S_3 = Corps de vérin
S_4 = Tige de vérin



<u>Données géométriques :</u>

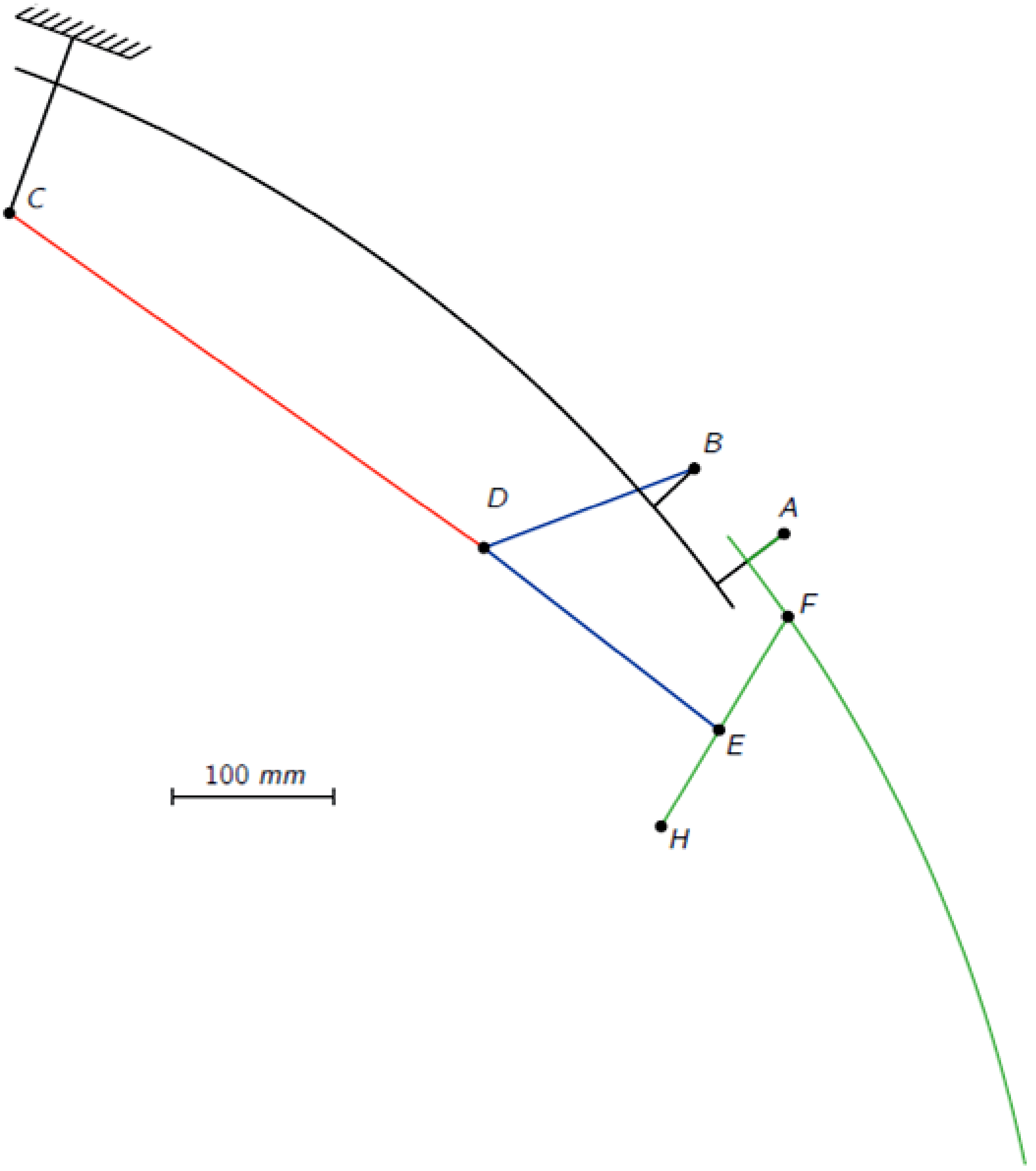
$\overrightarrow{CD} = \lambda.\overrightarrow{x_3}$; $\overrightarrow{CB} = a.\vec{x} - b.\vec{y}$
$\overrightarrow{FE} = \delta.\overrightarrow{x_1}$; $\overrightarrow{AB} = -a_0.\vec{x} + b_0.\vec{y}$
$\overrightarrow{AG} = -a_1.\overrightarrow{x_1} - b_1.\overrightarrow{y_1}$
$\overrightarrow{AF} = -c.\overrightarrow{x_1} - d_1.\overrightarrow{y_1}$
$\overrightarrow{BD} = -a_2.\overrightarrow{x_2}$
$\overrightarrow{BE} = -b_2.\overrightarrow{x_2} - c_2.\overrightarrow{y_2}$



<u>Validation de l'exigence : course de l'actionneur</u>

La cinématique envisagée pour le mécanisme d'ouverture de porte est présentée sur la figure ci-dessus
On considère que le mécanisme est plan. La structure du fuselage de l'avion est notée **(S_0)** et appelée **chassis** dans la suite. On lui associe une **base fixe** $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$. La porte (S1) est en liaison pivot d'axe $(A, \vec{z})$ avec le châssis (S_0). On lui associe une base $(\overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_1})$ telle que $\theta_1 = (\vec{x}, \overrightarrow{x_1})$. Un basculeur ($S_2$) est également en liaison pivot d'axe $(B, \vec{z})$ avec le châssis (S_0).
On lui associe une base $(\overrightarrow{x_2}, \overrightarrow{y_2}, \overrightarrow{z_2})$ telle que $\theta_2 = (\vec{x}, \overrightarrow{x_2})$. Un actionneur linéaire est représenté de façon simplifiée par un corps (S_3) en liaison glissière de direction $\overrightarrow{x_3}$ avec une tige (S_4). Le corps (S_3) de l'actionneur est en liaison rotule de centre C avec le châssis (S_0) tandis que la tige (S_4) est en liaison rotule de centre D avec le basculeur (S2). L'orientation de l'actionneur linéaire est repérée par un angle $\theta_3 = (\vec{x}, \overrightarrow{x_3})$. Enfin, une liaison doit être installée entre le basculeur (S_2) et la porte (S_1) afin que l'actionneur puisse mettre en mouvement la porte (S_1)

1) Quelle est la nature du mouvement du solide S_2 par rapport au solide S_0 ?
2) Quelle est trajectoire du point D dans le mouvement du basculeur (S_2) par rapport au châssis (S_0) ?
3) Quelle est la nature du mouvement du solide S_1 par rapport au solide S_0 ?
4) Quelle est trajectoire du point F dans le mouvement de la porte (S_1) par rapport au châssis (S_0) ?
Pour chaque réponse, on précisera les éléments géométriques permettant de définir complètement la trajectoire (centre et rayon par exemple pour une trajectoire circulaire).
5) En écrivant la fermeture géométrique de la chaine entre les points B, C, D démontrer que la relation entre λ et θ_2 est : $\boldsymbol{\lambda} = \sqrt{(\boldsymbol{a} - \boldsymbol{a_2 cos\theta_2})^2 + (\boldsymbol{b} + \boldsymbol{a_2 sin\theta_2})^2}$
Application numérique avec : a = 430 mm ; b = 170 mm ; a_2 = 140 mm ; $\theta_2 \in$ [20°, 90°]
Déterminer $\boldsymbol{\lambda_{maxi}}$ et $\boldsymbol{\lambda_{mini}}$
Quelle est alors la course Δλ de l'actionneur ?
6) A l'aide des instruments classiques (règle, compas), représenter le mécanisme complet dans la configuration porte ouverte ; on notera X_1 la position en configuration ouverte d'un point, X en configuration fermée ; pour ce tracé, on considèrera que le **point E ne peut se déplacer que sur la droite (FH)** au cours du mouvement.
Vérifier graphiquement la course de l'actionneur (Δλ) et comparer le résultat avec la question 5)



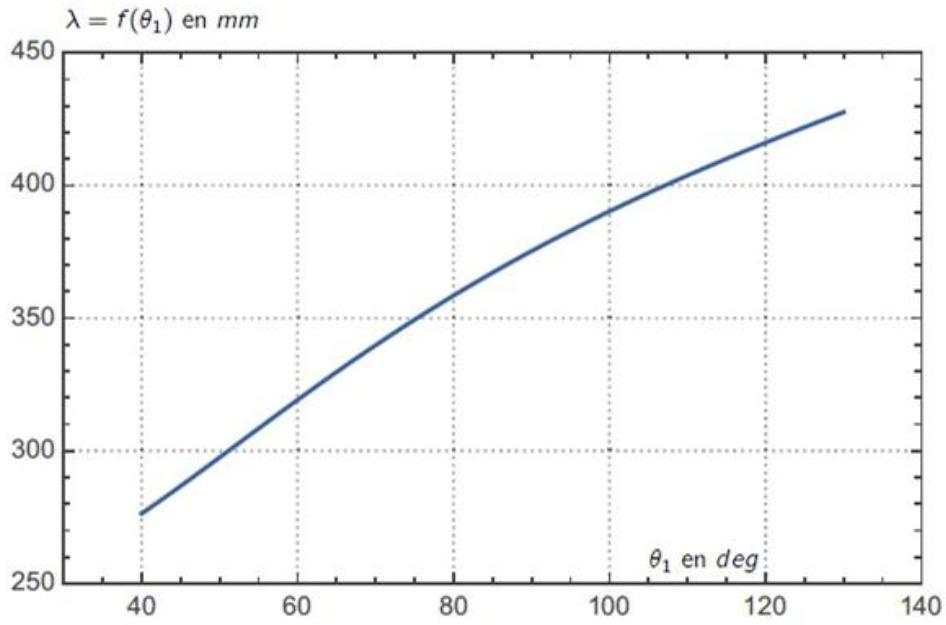
Validation de l'exigence : vitesse de l'actionneur

Le cahier des charges indique que la porte doit s'ouvrir complètement en au plus T = 30 s.

On propose d'estimer la vitesse linéaire moyenne « V » de l'actionneur nécessaire pour valider cette exigence.

7) Exprimer la vitesse linéaire moyenne de l'actionneur « V » en fonction de $\Delta\lambda$ et T ; donner la valeur numérique de « V » en $mm.s^{-1}$

Représentation de la loi entrée/sortie obtenue analytiquement :

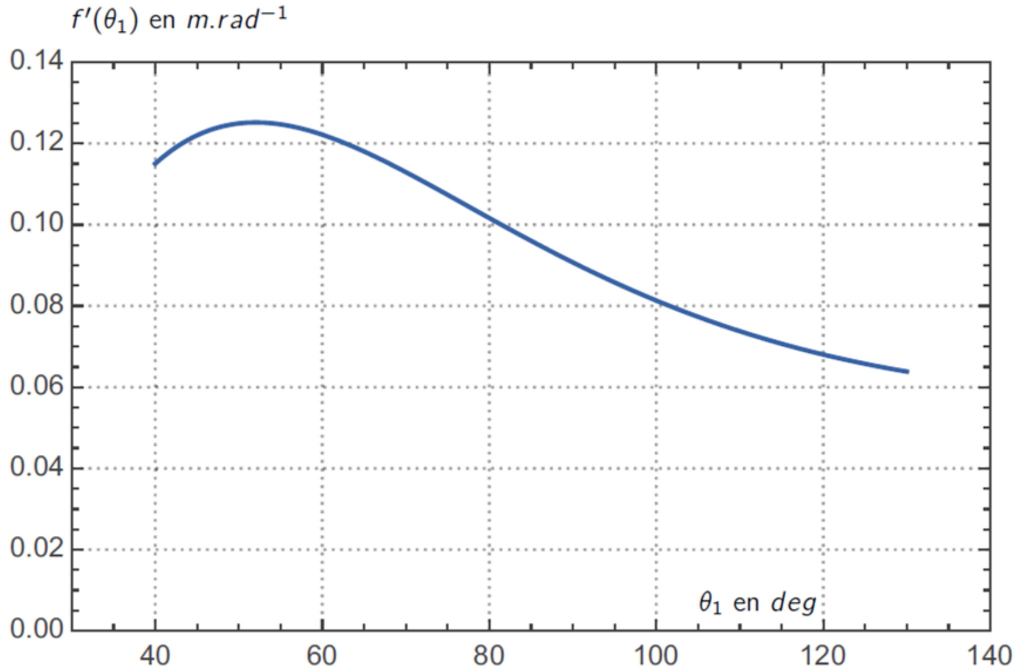


La loi entrée/sortie ($\lambda = f(\theta_1)$) s'écrit : (λ en mm et θ_1 en radian)

$$\boldsymbol{\lambda(\theta_1) = f(\theta_1) = A_4\theta_1^4 + A_3\theta_1^3 + A_2\theta_1^2 + A_1\theta_1 + A_0}$$

8) Exprimer la vitesse linéaire $V(\theta_1) = \dot{\lambda}$ du vérin en fonction de l'angle de porte θ_1, et de sa dérivée $\dot{\theta}_1$

On donne ci-dessous la représentation de la dérivée $f'(\theta_1)$ obtenue analytiquement



On suppose dans la suite que la **vitesse linéaire V du vérin est constante** dans toute la phase d'ouverture.

9) Exprimer la vitesse linéaire V du vérin en fonction de f'(θ_1) et de $\dot{\theta}_1$

10) Si l'on souhaite que la vitesse angulaire de la porte soit au moins de 3°/s pour toute configuration entre la position fermée et la position ouverte, quelle doit être la vitesse linéaire du vérin en mm.s^{-1} ?

Si l'on souhaite que la vitesse angulaire de la porte soit au plus de 3°/s pour toute configuration entre la position fermée et la position ouverte, quelle doit être la vitesse linéaire du vérin en mm.s^{-1} ?

11) Déterminer l'expression de $\overrightarrow{V_{D\ S_2/S_0}}$ et de $\overrightarrow{V_{D\ S_4/S_0}}$ en fonction de $\boldsymbol{\theta_2}$ **,** ses dérivées et des dimensions géométriques

12) Déterminer l'expression de $\overrightarrow{V_{D\ S_4/S_3}}$ en fonction de $\boldsymbol{\lambda}$ **,** ses dérivées et des dimensions géométriques

Déterminer l'expression de $\overrightarrow{V_{D\ S_4/S_0}}$ en fonction de $\boldsymbol{\lambda, \theta_3}$ **,** leurs dérivées et des dimensions géométriques

13) A partir de $\overrightarrow{V_{D\ S_4/S_0}}$ établir deux relations entre $\boldsymbol{\lambda, \theta_2}$ **,** $\boldsymbol{\theta_3}$, leurs dérivées et des dimensions géométriques